39-44

(8

动 物 学 研 究 1998, 19 (1): 39—44　　CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853
Zoological Research

温度对红点唇瓢虫实验种群的影响

杨孝龙　沈妙青　郭振中　熊继文
（贵州农学院植保系　贵阳　550025）

摘要　在7种温度下测定了红点唇瓢虫（*Chilocorus kuwanae* Silvestri）发育速率，并求得各虫态的发育起点温度和有效积温。其发育速率与温度的关系能很好地用王如松等（1982）提出的模型进行拟合。由此模型估计出最低、最高临界发育温度和最适发育温度，分别为10.42—13.01℃、33.52—37.03℃和24.99—30.12℃。卵期忍耐温度变化的能力最强，4龄幼虫最弱。温度明显地影响该瓢虫的存活率及存活曲线的类型。22—31℃是其生长的适宜温区，存活率比较接近，其中28—31℃的存活率最高。讨论了王如松等（1982）的模型与Logistic模型相比所具有的优点，发育起点温度和最低临界发育温度的可能关系，以及本研究结果对解释红点唇瓢虫在贵州地理分布成因所具有的作用。

关键词　红点唇瓢虫，温度，发育速率，发育起点温度，有效积温
中图分类号　Q969.496.8

红点唇瓢虫（*Chilocorus kuwanae* Silvestri）属于瓢虫科盔唇瓢虫属，是盾蚧的强有力的捕食者（周尧，1982；杨孝龙等，1992），在国内外分布较广。据调查，在贵州海拔低于1100 m地区广泛分布有红点唇瓢虫。在不少生物防治实践中，该瓢虫对一些严重影响农林植物的盾蚧取得了良好的控制效果（黄邦侃，1985）。它还被成功地引种到美国，成为控制当地盾蚧的重要天敌，作用显著（Drea等，1987；Hendrickson等，1991；Nalepa等，1993）。现有的报道主要集中于生物学（夏宝池等，1985；杨孝龙等，1996 a）、生命表（杨孝龙等，1996b）、功能反应（吴伟坚等，1989）、人工繁殖（夏宝池等，1987）和田间防治试验等（张守友等，1983；夏宝池等，1985；杨孝龙等，1992），但有关温度对此瓢虫的影响，尚未见到报道。本文详细地研究了温度对红点唇瓢虫生长发育的影响，研究结果对了解其种群消长的规律、地理分布的成因、引种利用的成败和在盾蚧综合治理中科学地利用这一优良的天敌资源等方面具有参考价值。

1　材料与方法

1.1　材料

红点唇瓢虫成虫：于瓢虫繁殖季节在贵阳市郊的柑橘园及樱花园采集成虫，然后在室内单头饲养观察10天，选取能正常产卵、且所产的卵能正常孵化的雌虫供下一步使用。饲料：矢尖蚧雌成虫。在无红点唇瓢虫的柑橘园里，连叶采集矢尖蚧，放入保鲜袋后置于1—2℃的冰箱中备用。

本文1996-11-14收到，1997-04-14修回

1.2 方法

分别在19、22、25、28、31、33和35℃7个温度下进行试验（温差±0.5℃）；试验中控制14L：10D光照（以2支3W日光灯为光源），相对湿度约75%。在每一温度处理开始前，把经选择的红点唇瓢虫的雌成虫放入该温度环境中产卵，取6h内产的100粒卵在该温度下孵化，孵化后的幼虫单头饲养，直至羽化。每天在8:00和19:00观察两次，记录变态、发育、生死等情况。在第2次观察时更换饲料。为防止损伤幼虫，一般让幼虫自行从原先的饲料爬到新换入的饲料上，或者用"00"号小毛笔轻轻地挑换。

2 结果与分析

2.1 温度对发育速率的影响

红点唇瓢虫的发育速率与温度有着密切的关系（表1）。在19—31℃温区中各虫态的发育速率与温度呈显著的正相关；但在33℃以上发育速率反而下降，4龄幼虫、预蛹、蛹及成虫在33℃以上温度条件下不能发育。在35℃以上卵不能孵化。在19℃以下成虫不能发育成熟。由于33℃以上的发育速率与温度的关系偏离了正相关，所以取表1中19—31℃5个温区的数据，根据有效积温法则，用直线回归法求发育起点温度（C）、有效积温（K）和温度与发育速率之间的相关系数（r）（表2）。显然，若从各虫态综合考虑，红点唇瓢虫的发育起点温度的范围是10.28—13.93℃，整个世代为11.20℃；在有效积温中，

表1 红点唇瓢虫在不同温度下的发育速率(1/天)

Table 1 Developmental rates (1/day) of each stage of *Chilocorus kuwanae* at different temperatures

温度(℃)	卵期	1龄	2龄	3龄	4龄	全幼虫期	预蛹期	蛹期	产卵前期	全世代
19	0.067	0.134	0.160	0 130	0.070	0.028	0.218	0.071	—	—
22	0.083	0.165	0.235	0.175	0.127	0.042	0.322	0.103	0.037	0.013
25	0.121	0.279	0.321	0.237	0.160	0.058	0.372	0.135	0.053	0.018
28	0.139	0.281	0.347	0.248	0.190	0.064	0.513	0.177	0 063	0.021
31	0.149	0.394	0.413	0.345	0.223	0.081	0.556	0.193	0.068	0 025
33	0.135	0.228	0.283	0.222	—	—	—	—	—	—

表2 红点唇瓢虫各虫态发育起点温度和有效积温

Table 2 Threshold temperatures and effective accumulative temperatures of each stage of *Chilocorus kuwanae*

发育期	发育起点温度(C)(℃)	有效积温(K)(日度)	相关系数(r)
卵 期	10.28	131.48	0.980
1龄幼虫	13.93	44.17	0.9670
2龄幼虫	11 01	47.39	0 9884
2龄幼虫	12.11	56.83	0.9751
4龄幼虫	12.71	79.83	0.9908
全幼虫期	12.41	230.96	0.9912
预蛹期	11.63	33.78	0.9878
蛹 期	12.36	93.05	0.9941
产卵前期	11.32	276.46	0.9745
全世代	11.20	789.80	0.9905

以雌虫的产卵前期最高（276.46 日度），其次是卵期（131.48 日度），最低为预蛹期(33.78 日度)，整个世代为 789.80 日度。

2.2 发育速率与温度关系模型的拟合

在拟合中我们采用全温区的关于昆虫的发育速率（V）和温度（T）之间相互关系的复合数学模型（王如松等，1982）：

$$V=\frac{K}{1+e^{-r(T-T_O)}}(1-e^{-\frac{T-T_L}{\delta}})(1-e^{-\frac{T_H-T}{\delta}})$$

其中，K 为潜在的饱和发育速率，r 为发育速率随温度变化的指数增长率，T_L 和 T_H 各为最低和最高临界发育温度，T_O 为最适发育温度，δ 为边界层的宽度，相对地反映了昆虫对极端温度的不同忍耐程度。

表 3　红点唇瓢虫各虫态的王如松等(1982)模型的参数估计值

Table 3 Estimated parameters of the model proposed by Wang Rusong *et al.* (1982) for each stage of *Chilocorus kuwanae*

发育期	K	T_L(℃)	T_H(℃)	T_O(℃)	r	δ(℃)	Q	T_H-T_L(℃)
卵　期	0.3670	10.4225	37.0290	30.1223	0.1252	4.0759	7.9858×10^{-5}	26.6065
1 龄幼虫	0.7773	13.0066	35.2491	27.9779	0.1733	3.6262	7.8475×10^{-3}	22.2425
2 龄幼虫	0.8834	11.7293	35.7528	28.4672	0.1459	3.7217	2.7857×10^{-3}	24.0235
3 龄幼虫	0.5911	12.4713	34.9483	27.5726	0.1568	2.1028	6.6098×10^{-3}	22.4770
4 龄幼虫	0.3104	12.1999	33.5187	24.9948	0.1915	1.0012	3.5286×10^{-4}	21.3188
全幼虫期	0.1208	11.8594	34.9508	26.4384	0.1739	0.9024	7.1397×10^{-5}	23.0914
预蛹期	1.0344	11.1724	34.5478	28.4139	0.1378	1.4008	1.2818×10^{-3}	23.3754
蛹　期	0.3734	12.2331	34.6255	28.5836	0.1492	1.6926	9.3196×10^{-6}	22.3924
产卵前期	0.1271	10.9399	34.5683	27.5103	0.1820	1.9029	3.1051×10^{-5}	23.6284
全世代	0.0440	11.0594	34.7507	27.4388	0.1903	1.7024	3.1734×10^{-5}	23.6913

注：Q 为估算值与观察值的均方根误差

表 4 不同温度下红点唇瓢虫存活率

Table 4 Survival rates of *Chilocorus kuwanae* at different temperatures

温度(℃)	卵 期	1 龄	2 龄	3 龄	4 龄	预蛹期	蛹 期
19	0.9393	0.8788	0.8182	0.7576	0.6061	0.4848	0.4545
22	0.9545	0.9545	0.9545	0.9091	0.8182	0.7727	0.7272
25	0.9630	0.8889	0.8889	0.8889	0.7778	0.7778	0.7778
28	1.0000	0.9000	0.8800	0.8800	0.8800	0.8000	0.8000
31	0.9524	0.9524	0.9524	0.9524	0.8810	0.8571	0.8095
33	0.2424	0.1333	0.0670	0.0330	0.0000	0.0000	0.0000
35	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

由表 1 数据，用麦夸特阻尼最小二乘法迭代估计出红点唇瓢虫各虫态的有关参数值（表 3）。从估算值与观察值的均方根误差看，拟合取得了理想的效果。由表 3，各虫态最低临界发育温度以卵期最低（10.42℃），1 龄幼虫最高（13.01℃），全世代为 11.06℃。最高临界发育温度以卵期最高（37.03℃），4 龄幼虫最低（33.52℃），全世代为 34.75℃。最适发育温度以卵期最高（30.12℃），4 龄幼虫最低（24.99℃），全世代为 27.44℃。卵期对极端温度的忍耐程度（δ）、最高与最低临界发育温度的差值（T_H-T_L）也最大，分别为 4.08℃和 26.61℃；而 4 龄幼虫则最低，分别为 1.00℃和 21.32℃。这些结果都说明，红点

唇瓢虫卵期忍耐温度变化的能力最强，并在较高的温度下发育较好；而4龄幼虫最弱，并在相对较低的温度中发育较好。

2.3 温度对存活率的影响

温度可明显地影响红点唇瓢虫的存活率（表4）和存活曲线的类型。Odum（1978）曾把存活曲线分成5种类型（A、B1、B2、B3、C）。在33℃下红点唇瓢虫的存活曲线为C型，在19℃时呈B1型，而在22℃、25℃、28℃和31℃时都呈A型。在后4种温度下的存活率比较接近，发育后期以28℃和31℃最为接近，分别为0.8000和0.8095。说明红点唇瓢虫的生长适温区处于22—31℃，且在此温区的高温端存活率最高。卵孵化率以28℃时最高，达100%。

表5 红点唇瓢虫各虫期的 Logistic 方程参数估计值

Table 5 Estimated parameters of Logistie equatioin for each stage of *Chilocorus kuwanae*

参数	卵期	1龄	2龄	3龄	4龄	全幼虫期	预蛹期	蛹期	产卵前期	全世代
K	0.1610	0.4634	0.4508	0.4790	0.2508	0.0942	0.9867	0.2464	0.0722	0.0364
a	5.2130	5.0184	5.1272	3.8425	5.4614	4.8627	3.6276	4.4782	6.5542	3.5912
b	0.2504	0.2094	0.2371	0.1493	0.2421	0.2101	0.1278	0.1886	0.3005	0.1407
Q	1.11×10^{-4}	3.23×10^{-3}	6.27×10^{-4}	1.39×10^{-3}	1.72×10^{-4}	4.02×10^{-5}	2.13×10^{-3}	5.78×10^{-5}	3.63×10^{-7}	1.20×10^{-6}

注：Q 为估算值与观察值的均方根误差

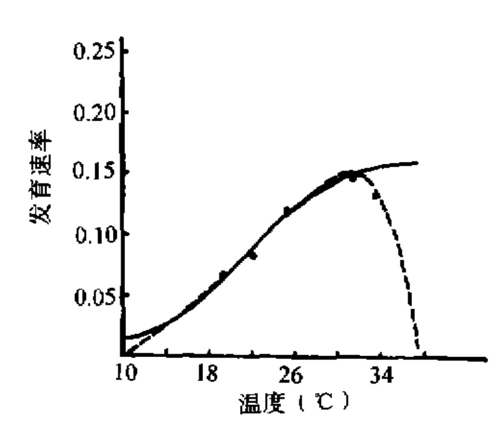


图1 红点唇瓢虫卵的发育速率与温度的关系曲线

Fig. 1 Curves of the relationship between temperature and developmental rate of *Chilocorus kuwanae* eggs

—：拟合 Logistic 方程后的曲线（curve of the fitted Logistic equation）；

--：拟合王如松等模型后的曲线（curve of the fitted Wang Rusong *et al.* model）。

3 讨论

3.1 关于昆虫的发育速率和温度之间的关系可用多种模型拟合，以往广为采用的模型是Logistic方程。若用相同的方法以Logistic方程拟合表1中19—31℃的有关数据，同样能取得很好的效果（表5）。但是从Logistic方程的几何意义来看，其曲线存在一条上渐近线。也就是说，随着温度的无限升高，昆虫的发育速率将无限地趋近一个最大的饱和发育速率，这显然是不实际的。表1中33℃下的发育情况就已经不符合Logistic方程了。以卵的发育为例，我们可以通过所拟合的王如松等（1982）的模型和Logistic方程的曲线，来分析两者之间的一致性和差异性（图1）。设王如松等（1982）的模型中，与最高发育速率相对应的温度是Tm。当温度在Tm以下时，两个模型的结果比较一致；但超过Tm以后，两者出现相反的趋势。显然，王如松等（1982）的模型能很好地反映昆虫在过高的温度下发育速率快速下降并趋向于零的实际情况。尤其是该模型能够估计出Logistic方程所无法获得的几个重要参数，主要是最低和最高临界发育温度及最适发育温度。

3.2 从生物学意义上讲，由有效积温法则求得的发育起点温度（C）的含义和由王如松等

(1982) 的模型估算的最低临界发育温度 (T_L) 应该是一致的。本研究的结果较好地反应了这一点。比较表 2 中的红点唇瓢虫各虫态的发育起点温度和表 3 中的最低临界发育温度，不难发现这两组数据很接近，两者的平均变异系数仅为 0.03586。但两者是否在其他条件下也有这种一致性，值得进一步研究。

3.3 根据我们的调查，红点唇瓢虫在贵州主要分布区的生态地理特征是低海拔、温暖、经度偏东。贵州在地形上的一大特点是西高东低。由于海拔和温度之间的负相关关系，使得贵州东部地区的平均气温比西部地区高。所以，可以认为上述分布区的总体特征是气候温暖。本研究显示红点唇瓢虫的发育起点温度和最适发育温度都较高，其范围分别是 10.28—13.93℃和 24.99—30.12℃；而且环境温度在 19℃以下时，成虫不能发育成熟。这些结果较好地说明了温度是影响上述地理分布的一个重要因子。

参考文献

王如松，兰仲雄，丁岩钦，1982. 昆虫发育速率与温度关系的数学模型研究. 生态学报, 2(1): 47—58.

吴伟坚，沈叔平，魏洪义，1989. 红点唇瓢虫对松突圆蚧的功能反应. 昆虫天敌, 11(1): 28—30.

周　尧，1982. 中国盾蚧志第一卷. 西安: 陕西科学技术出版社. 35—37.

杨孝龙，沈妙青，郭振中等，1992. 贵州食盾蚧瓢虫、食螨瓢虫及其保护利用研究. 贵州农学院学报, 11(2): 45—57.

杨孝龙，郭振中，熊继文，1996 a. 红点唇瓢虫生物学特性. 贵州科学, 14(1): 55—58.

杨孝龙，郭振中，熊继文，1996 b. 红点唇瓢虫实验种群繁殖特征生命表. 贵州农业科学, 24(1): 1—4.

张守友，1983. 红点唇瓢虫对两种介虫控制作用观察. 昆虫天敌, 5(2): 86—88.

夏宝池，张　英，沈百炎，1985. 红点唇瓢虫的生物学及其对防治介壳虫的应用. 昆虫学报, 28(4): 454—455.

夏宝池，沈百炎，张　英，1987. 红点唇瓢虫的繁殖技术. 昆虫天敌, 9(3): 151—155.

黄邦侃，1985. 瓢虫利用展望（二）. 植物保护, 11(6): 23—24.

Drea J J, Carlson R W, 1987. The establishment of *Chilocorus kuwanae* (Coleoptera: Coccinellidae) in eastern United States. Proceedings of the Entomological Society of Washington. 89(4): 821-824.

Hendrickson R M Jr, Drea J J, Rose MA, 1991. A distribution and establishment program for *Chilocorus kuwanae* (Silvestri) (Coleoptera: Coccinellidae) in the United States. Proceedings of the Entomological Society of Washington. 93(1): 197-200.

Nalepa C A, Drea J J, Bryan MD, 1993. Release and establishment of *Chilocorus kuwanae* (Coleoptera: Coccinellidae) in North Carolina *Journal of Entomological Science*, 28(3): 287-290.

EFFECTS OF TEMPERATURE ON EXPERIMENTAL POPULATION OF *Chilocorus kuwanae* SILVESTRI

YANG Xiao-long　SHEN Miao-qing　GUO Zhen-zhong　XIONG Ji-wen

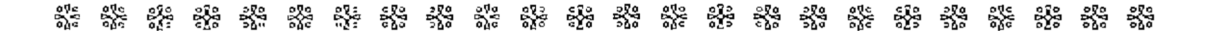
(Department of Plant Protection, Guizhou Agricultural College, Guiyang 550025)

Abstract

The developmental rates of *Chilocorus kuwanae* Silvestri were determined under seven constant temperatures. and the threshold temperature of development and effective accumulative temperature of each stage of the ladybeetle was also ascertained. Relationships between developmental rate and temperature could be finely fitted with the model proposed

by Wang Rusong *et al.* (1982). From the model, the highest critical temperatures of development, lowest critical temperatures of development and optimum temperatures of development were estimated to be 10.42–13.01℃、33.52–37.03℃ and 24.99–30.12℃ respectively. Egg stage exhibited the highest ability to emdure changes in temperature, and the 4th-instar displayed the lowest ability. Temperature could obviously affect the survival rate and the type of survival curve of *C. kuwanae*. Favourable temperature range for development of the ladybeetle was 22–31℃. Survival rates in this range were quite similar, and within 28–31℃ survival rates were highest. In the paper, we discussed the following topics: the advantages of the model offered by Wang Rusong *et al.* (1982) over the Logistic equation, possible relationship between the threshold temperature of development and the lowest critical temperature of development, and the effect on explaining the contributing factor of geological distribution of *C. kuwanae* in Guizhou with results of this research.

Key words *Chilocorus kuwanae* Silvestri, Temperature, Developmental rate, Threshold temperature of development, Effective accumulative temperature



"云南主要畜禽和野生近缘种遗传多样性以及种质资源保存利用"获云南省自然科学二等奖

遗传多样性的丰富程度是物种对环境变化适应性和进化的基础。由于人类活动的干扰，许多地方品种的遗传多样性迅速缩小以至消失。然而云南特殊的自然环境及人文、历史背景，至今尚保存着许多畜禽的古老品种及野生近缘种。

在云南省重点基金的资助下，由昆明动物研究所主持，云南农业大学、云南省畜牧兽医研究所、云南省肉牛与牧草研究中心参加的该项研究工作，立足于云南丰富的畜禽地方品种资源，采用先进的细胞学和分子生物学手段，在细胞和分子水平上，揭示了云南主要畜禽近30个地方品种及野生近缘种的遗传背景和遗传基因的多样性及其原因。首次较系统地获得了对这些品种遗传多样性情况的认识，因而对这些品种的保护和利用（特别在遗传育种上）具有重要的指导意义，而且在主要畜禽品种的分类、起源和演化研究上也具有较高的学术意义。在种质资源保存和利用方面，成功地找到了冻存大额牛精液的方法，并保存下1000管种牛精液。同时也创造性地育成了具有实际应用价值的"小型鸡"品系。为我省主要畜禽品种资源的保存和利用提供了科学依据。该项成果荣获云南省1997年自然科学二等奖。

杨若云

（中国科学院昆明动物研究所计划处 650223）